

**Beschreibung****Magnetisch induktiver Durchflussmesser**

5 Die Erfindung betrifft einen magnetisch induktiven Durchflussmesser mit einem Messrohr, einer Elektrodenanordnung mit Elektroden, die auf einander gegenüberliegenden Seiten des Messrohres quer zu einer Durchflussrichtung durch das Messrohr angeordnet sind, und einer Spulenanordnung mit mindestens einer Sattelpule, deren Achse quer zur Durchflussrichtung und quer zur Elektrodenanordnung verläuft und die vier Schenkel aufweist, von denen zwei erste Schenkel parallel zur Durchflussrichtung und zwei zweite Schenkel in Umfangsrichtung des Messrohres verlaufen.

15 Ein sich bewegendes elektrisch leitfähiges Fluid, das das Messrohr durchströmt, erzeugt eine Spannung zwischen den Elektroden der Elektrodenanordnung, wenn die Spulenanordnung ein Magnetfeld erzeugt. Das Magnetfeld ist dabei senkrecht 20 zur Durchströmungsrichtung gerichtet.

Die Spannung wird senkrecht zur Durchströmungsrichtung und senkrecht zum Magnetfeld abgenommen. Die Spannung an der Elektrodenanordnung ist dann u.a. abhängig von der Strömungsgeschwindigkeit, aus der wiederum auf die Durchflussmenge 25 geschlossen werden kann.

Für die Messgenauigkeit eines derartigen Durchflussmessers ist es von einer gewissen Bedeutung, dass sich das Magnetfeld 30 über die gesamte Querschnittsfläche des Messrohres erstreckt. Eine Möglichkeit, um dies zu erreichen, ist die Verwendung eines Jochs oder Polschuhs. Die Spule erzeugt dann ein Magnetfeld, das durch den Polschuh verteilt wird und sich dann weitgehend gleichmäßig über den Querschnitt des Messrohres 35 erstreckt.

- Allerdings erfordern derartige Polschuhe einen gewissen Bauraum. In vielen Fällen verwendet man daher Sattelpulen, deren Form an die Form des Messrohres angepasst ist. In der Regel weist die Spulenanordnung dabei zwei Sattelpulen auf.
- 5 Von oben gesehen bilden die Sattelpulen im weitesten Sinn ein Viereck, von dem zwei Schenkel parallel zur Durchflussrichtung verlaufen. Die beiden anderen Schenkel folgen der Wölbung des Messrohres. Diese Schenkel können auch einen Bogen oder einen Winkel in axialer Richtung aufweisen, so
- 10 dass die Sattelpule in der Draufsicht einem Sechseck ähnelt, also wie ein Diamant aussieht. Auch mit derartigen Sattelpulen lassen sich weitgehend zufriedenstellende Ergebnisse erreichen.
- 15 Probleme treten allerdings dann auf, wenn der Durchmesser des Messrohres verkleinert werden soll. Insbesondere ab Durchmessern von beispielsweise unter 50 mm ergeben sich in erhöhtem Maße Messfehler. Man führt dies darauf zurück, dass man die Sattelpulen nicht weit genug in Umfangsrichtung um das Messrohr herum erstrecken kann. Die Elektroden der Elektrodenanordnung benötigen nämlich einen gewissen Bauraum. In der Regel weisen sie auch noch ein kleines Anschlussgehäuse auf.
- 20 Die achsparallelen ersten Schenkel der Sattelpulen müssen diesen Bauraum frei lassen. Dies hat zur Folge, dass sich das
- 25 Magnetfeld nicht weit genug bis zu den Elektroden hin erstreckt. Dies führt, wie oben ausgeführt, zu Messungenauigkeiten oder -fehlern.
- Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Messgenauigkeit
- 30 bei einem Messrohr mit kleinerem Durchmesser zu verbessern.
- Diese Aufgabe wird bei einem magnetisch induktiven Durchflussmesser der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass zwischen jedem ersten Schenkel und dem Messrohr jeweils ein
- 35 magnetisch leitendes Element angeordnet ist, das einen ersten Teil des magnetischen Flusses aufnimmt, wobei ein zweiter

Teil des magnetischen Flusses aus einem von der Sattelpule umgebenen Bereich am Element vorbei tritt.

Mit dem magnetisch leitenden Element wird die Richtung des  
5 Magnetfeldes geändert und zwar in Richtung der Elektrode. Das  
Magnetfeld füllt dann den Querschnitt des Messrohres besser  
aus. Das Messsignal, das an der Elektrodenanordnung abgenom-  
men werden kann, steigt dann, wie gewünscht, an. Allerdings  
erreicht man diese Verbesserung des Messergebnisses dadurch,  
10 dass man nur einen Teil des magnetischen Flusses ablenkt. Der  
größte Teil des magnetischen Flusses in dem Bereich, der von  
der Sattelpule umgeben ist, bleibt nach wie vor ungestört,  
d. h. er kann sich ohne Beeinflussung durch einen Polschuh  
oder ein anderes flussverteilendes Element im Querschnitt des  
15 Messrohres ausbreiten. Vorteilhaft ist dabei vor allem, dass  
sich unerwünschte Streuungen, die sich am Rand eines Pol-  
schuhs ergeben können, praktisch nicht ausbilden. Hinzu  
kommt, dass die Bauhöhe der Sattelpule durch das Hinzufügen  
des magnetisch leitfähigen Elements praktisch nicht nennens-  
20 wert vergrößert wird. Das magnetisch leitende Element kann  
als relativ dünner Streifen ausgebildet sein, der in einen  
Spalt hineinpasst, der zwischen der Sattelpule und dem Mess-  
rohr in der Regel ohnehin vorhanden ist. Es ist vorzugsweise  
in dem Bereich in Axialrichtung des Messrohres angeordnet, in  
25 dem auch die Elektroden angeordnet sind.

Vorzugsweise geht das Element von einem Bereich am Innenrand  
des ersten Schenkels aus und endet zwischen dem ersten Schen-  
kel und dem Messrohr. Der Bereich, der von der Sattelpule  
30 umschlossen wird, d. h. das sich parallel zur Achse der Sat-  
telpule erstreckende Magnetfeld, wird durch das Element  
praktisch nicht gestört. Das Element ist aber in der Lage,  
einen Teil des Magnetflusses so umzuleiten, dass sich das  
Magnetfeld in die Nähe der Elektroden der Elektrodenanordnung  
35 erstreckt. Man erreicht also nennenswerte Vorteile, ohne  
größere Nachteile in Kauf nehmen zu müssen.

Bevorzugterweise weist das Element einen abgewinkelten Abschnitt auf, der von innen am ersten Schenkel anliegt. Innen ist dabei die Seite, die dem anderen ersten Schenkel gegenüberliegt. Innen befindet sich also im Inneren eines Umlaufs, 5 den die Windungen der Sattelspule ausführen. Mit dem Abschnitt wird eine automatische Positionierung des Elements relativ einfach. Das Element wird einfach "bis zum Anschlag" in den Raum zwischen dem Messrohr und der Spule, genauer gesagt dem ersten Schenkel der Spule, eingeschoben. Danach ist 10 das Element lagerichtig angeordnet.

Hierbei kann der Abschnitt am Schenkel oder am Messrohr befestigt sein. Die Befestigung kann beispielsweise durch Kleben erfolgen, insbesondere durch ein doppeltklebendes Klebeband. Der Abschnitt dient dann also zur Positionierung des 15 Elements in mehrere Richtungen. Einmal wird eine Verlagerung des Elements in Umfangsrichtung vermieden. Auch eine Verlagerung des Elements in axialer Richtung wird durch eine Klebefestigung zuverlässig unterbunden.

20 Bevorzugterweise ist das Element U-förmig mit zwei Armen ausgebildet und auf den ersten Schenkel von innen aufgesteckt. Das Element ist also als "Clip" ausgebildet. Ein Arm des Clips hat dabei die eigentliche magnetisch leitende Funktion, 25 die die Richtung des Feldes ändert. Die Basis des U und der dem erstgenannten Arm gegenüberliegende Arm dienen dann im Prinzip nur zum Festhalten des Elements am ersten Schenkel der Sattelspule.

30 Hierbei ist besonders bevorzugt, dass die Arme aufeinander zu vorgespannt sind. Der Clip hat dann eine Federwirkung. Durch die Federwirkung der Arme wird der Clip besonders gut am ersten Schenkel der Sattelspule festgehalten.

35 Bevorzugterweise ist der Arm zwischen dem ersten Schenkel und dem Messrohr quer zur Durchflussrichtung länger als der andere Arm. Wie oben ausgeführt, dient der andere Arm hauptsäch-

lich dazu, das Element am ersten Schenkel der Sattelpule festzuhalten. Dies lässt sich auch durch eine geometrisch kleinere Ausbildung zuverlässig erreichen. Durch diese Ausbildung wird also Material gespart.

5

Vorzugsweise erstreckt sich das Element über die Länge des ersten Schenkels in Durchflussrichtung. Damit wird über die gesamte axiale Länge der Sattelpule die gewünschte Umleitung des magnetischen Feldes in Richtung auf den Teil der Wand des  
10 Messrohres bewirkt, in der die Elektrode angeordnet ist.

Vorzugsweise weist das Element in Durchflussrichtung zwischen seinen Enden eine Ausnehmung auf. Es hat sich herausgestellt, dass auch mit einer derartigen Ausnehmung ein zufriedenstellendes Messergebnis erreicht wird. Das Magnetfeld sieht dann etwas anders aus. Es wird in Axialrichtung, d. h. in Durchflussrichtung, gespreizt. Dies spielt aber keine größere Rolle, da es hauptsächlich darauf ankommt, dass das Magnetfeld im Bereich der Elektrodenanordnung die gewünschte Ver-  
15 teilung hat.  
20

Bevorzugterweise weist das Element eine wellenförmige Oberfläche auf. Es kann auch selbst gewellt sein. Mit der wellenförmigen Oberfläche ist es möglich, das Element zwischen dem ersten Schenkel der Sattelpule und dem Messrohr zu befestigen.  
25

Vorzugsweise ist das Element durch weichmagnetisches Eisen gebildet. Weichmagnetisches Eisen hat hervorragende Eigenschaften beim Leiten von Magnetfeldern.  
30

Alternativ dazu kann das Element durch einen magnetisch leitenden Kunststoff gebildet sein. Dies lässt sich beispielsweise dadurch realisieren, dass man einen Streifen aus einem  
35 magnetisch leitenden Kleber bildet. Hierzu wird Magnetpulver oder Eisenpulver mit Kleber gemischt und dieser Kleber wird

positions genau zwischen dem ersten Schenkel der Sattelspule und dem Messrohr angeordnet.

- Vorzugsweise ist das Element zusammen mit dem Messrohr ver-
- 5 gossen. Mit diesem Gießvorgang kann das Element in das Mess-  
rohr eingebettet werden. Danach wird die Sattelspule auf dem  
Messrohr angebracht, z. B. festgeklebt, und die so gebildete  
Kombination in ein äußeres Rohr eingeschoben. Danach erfolgt  
ein zweites Vergießen. Wenn die erwähnten Teile in die Guss-  
10 masse eingebettet sind und die Gußmasse ausgehärtet ist,  
dann sind alle Teile richtig zueinander positioniert und es  
besteht keine Gefahr, dass diese Positionierung durch äußere  
Einflüsse verändert wird.
- 15 Bevorzugterweise hat das Element eine Erstreckung quer zur Durchflussrichtung, bei der ein Messfehler einen Minimalwert aufweist. Das Element hat, wie oben erwähnt, die Aufgabe, das Magnetfeld, das die Sattelspule erzeugt, näher an die Elektrode heranzuführen. Hierbei gibt es einen Punkt mit maxima-  
20 ler magnetischer Flussdichte. Dieser Punkt ist mit der Länge des Elements quer zur Durchflussrichtung, genauer gesagt in Umfangsrichtung des Messrohres oder in Tangentialrichtung des Messrohres, verlagerbar. Je länger das Element ist, desto näher kommt der Punkt an die Elektrode, und bei einer korrek-  
25 ten Länge ist der Messfehler fast aufgehoben. Die Länge des Elements bestimmt die Linearität des Messresultats und die "beste" Länge ist somit die Länge, die den kleinsten Linearitätsfehler zur Folge hat. Wird die Länge hingegen wieder zu groß gewählt, dann ergeben sich andere Fehler. Nur ein klei-  
30 ner Teil des magnetischen Flusses der ganzen Sattelspule läuft durch das Element, aber dieser kleine Teil wird von dem Element örtlich konzentriert.
- Die Erfindung wird im Folgenden anhand von bevorzugten Aus-  
35führungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung näher be-  
schrieben. Hierin zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung zur Erläuterung des Funktionsprinzips eines magnetisch induktiven Durchflussmessers,

5 Fig. 2 einen Durchflussmesser schematisch im Teilschnitt,

Fig. 3 eine Teilansicht aus Fig. 2,

10 Fig. 4 eine geänderte Ausführungsform in entsprechender Ansicht nach Fig. 3,

Fig. 5 eine dritte Ausführungsform eines magnetisch leitenden Elements,

15 Fig. 6 eine schematische Darstellung zur Erläuterung des Fehlerverhaltens und

Fig. 7 verschiedene Feldverläufe.

20 Fig. 1 zeigt einen magnetisch induktiven Durchflussmesser 1 mit einem Messrohr 2, das von einem Fluid, also einem Gas oder einer Flüssigkeit, in Axialrichtung, d. h. in einer Durchflussrichtung 3, durchflossen werden kann. Auf dem Messrohr 2 sind zwei einander gegenüberliegende Sattelpulen 4 angeordnet, die so mit Strom beaufschlagt werden, dass sie ein Magnetfeld 5 erzeugen, das durch einen Pfeil symbolisiert ist. Das Magnetfeld 5 verläuft im Wesentlichen senkrecht zur Durchflussrichtung 3. Das Magnetfeld 5 ist natürlich nicht auf einer Linie konzentriert, sondern erstreckt sich im 30 Idealfall über den gesamten Querschnitt des Messrohres 2.

Eine Elektrodenanordnung, von der eine Elektrode 6 im Messrohr 2 dargestellt ist, ist so angeordnet, dass eine Spannung 7, die durch einen Pfeil symbolisiert ist, im Wesentlichen 35 senkrecht zum Magnetfeld 5 und im Wesentlichen senkrecht zur Durchflussrichtung 3 abgenommen werden kann, wenn sich das Fluid bewegt. Die Größe der Spannung 7 ist ein Maß für die

Durchflussgeschwindigkeit und damit ein Maß für den Durchfluss des Fluids durch das Messrohr 2.

Die Sattelpulen 4 sind in der Draufsicht (also in einer Ansicht aus einer Richtung parallel zum Magnetfeld 5) im Wesentlichen rechteckförmig ausgebildet. Hierbei gibt es zwei erste Schenkel 8, die parallel zur Durchflussrichtung 3 verlaufen, und zwei zweite Schenkel 9, die an die Krümmung des Messrohrs 2 angepasst sind. Dadurch ist es möglich, die Sattelpulen 4 relativ dicht an das Messrohr 2 anzunähern und trotzdem ein Magnetfeld zu erzeugen. Ein Polschuh oder ein Joch ist hierzu jedoch nicht erforderlich. Die ersten und die zweiten Schenkel können geradlinig verlaufen oder mehrere geradlinig verlaufende Abschnitte aufweisen, die gegenseitig Winkel einschließen.

Fig. 2 zeigt nun wesentliche Teile des Durchflussmessers 1 in einer vergrößerten Ausschnittsdarstellung. Die Darstellung der Fig. 2 zeigt einen Schnitt in der Ebene, in der die Elektroden 6 angeordnet sind.

Die Elektroden 6 sind von einem schematisch dargestellten Anschlussgehäuse 10 umgeben. Dieses Anschlussgehäuse 10 verhindert, dass sich die ersten Schenkel 8 der Sattelpulen 4 der Elektrode 6 nähern können, d. h. es verbleibt ein deutscher Abstand zwischen den ersten Schenkeln 8 der Sattelpule 4 und der Elektrode 6. Dies hat zur Folge, dass sich ein Magnetfeld ausbildet, das sich zur Elektrode 6 hin stark abschwächt. Um dies zu verdeutlichen, ist eine Feldlinie 11 dieses Magnetfelds gestrichelt eingezeichnet. Diese Feldlinie 11 hat einen relativ großen Abstand zur Elektrode 6.

Um dieses Problem zu beseitigen, ist ein magnetisch leitendes Element 12 in einen Spalt 13 zwischen dem ersten Schenkel 8 der Sattelpule 4 und dem Messrohr 2 eingefügt worden. Dieses Element 12 hat eine Länge L in Umfangsrichtung oder quer zur Durchflussrichtung 3, d. h. es geht vom Innenrand 14 des ers-

ten Schenkels 8 aus und erstreckt sich über die Länge L unter dem ersten Schenkel 8 hindurch und endet zwischen dem ersten Schenkel 8 und dem Messrohr.

- 5 Das magnetisch leitfähige Element 12 verändert nun das Magnetfeld so, dass es näher an die Elektrode 6 heranrückt. Hierzu ist eine Feldlinie 15 dargestellt, an der das Magnetfeld die gleiche Feldstärke hat wie ohne das Element 12 an der zuvor diskutierten Feldlinie 11. Ein Schnittpunkt P der  
10 Feldlinie 15 mit dem Messrohr 2 wird weiter in Richtung auf die Elektrode 6 verschoben. Das Messsignal steigt dann, wie erwünscht, an. Durch eine geeignete Länge L, d. h. die Erstreckung des Elements in Umfangs- oder Tangentialrichtung des Messrohres 2, lässt sich ein Punkt P mit maximalem magnetischen Fluss finden. Dieser Punkt ist mit der Länge L des  
15 Elements 12 bewegbar. Je länger die Länge L ist, desto näher kommt der Punkt P an die Elektrode 6.

Nur ein kleiner Teil des magnetischen Flusses einer ganzen  
20 Sattelpule 4 läuft durch das Element 12, aber dieser Teil des magnetischen Flusses wird von dem Element örtlich konzentriert. Im Gegensatz hierzu wird im Stand der Technik bei Verwendung eines Polschuhs oder Jochs der gesamte Fluss durch den Polschuh geleitet.

25 Das Messrohr 2 ist aus einem magnetisch nicht leitenden Material, beispielsweise einem Kunststoff, gebildet. Das Magnetfeld schließt sich durch ein äußeres Rohr 16, das das Messrohr 2 und die Sattelpulen 4 sowie das Anschlussgehäuse  
30 10 der Elektroden 6 umgibt. Dieses Rohr 16 ist aus Gründen der Übersichtlichkeit in Fig. 1 nicht dargestellt. Es ist aus einem magnetisch leitenden Material gebildet, beispielsweise aus Weicheisen.

35 In den Fig. 3 bis 5 sind nun verschiedene Möglichkeiten gezeigt, wie das Element 12 ausgebildet sein kann. Gleiche und einander entsprechende Teile wie in Fig. 2 sind mit den

gleichen Bezugszeichen versehen. Das äußere Rohr 16 ist weg-  
gelassen.

In Fig. 3 hat das Element 12 einen abgewinkelten Abschnitt 17  
5 mit einer Breite D. Dieser Abschnitt 17 hat praktisch keine  
magnetische Funktion. Er dient lediglich dazu, dass das Ele-  
ment 12 am ersten Schenkel 8 festgelegt werden kann und zwar  
an seiner Innenseite 14. Die Innenseite 14 ist, wie aus Fig.  
1 zu erkennen ist, die Seite des ersten Schenkels 8, die von  
10 der Sattelsspule 4 umgeben ist, also dem anderen ersten Schen-  
kel 8, der in Fig. 1 nicht zu erkennen ist, gegenüberliegt.

Man kann den Abschnitt 17 einfach an dem ersten Schenkel 8  
der Sattelsspule zur Anlage bringen. Man kann aber auch einen  
15 Kleber 18 vorsehen, der zwischen dem Abschnitt 17 und dem  
ersten Schenkel 8 angebracht wird und den ersten Abschnitt 17  
am ersten Schenkel 8 festklebt. Der Kleber 18 kann beispiels-  
weise in der Form eines doppeltklebenden Klebestreifens aus-  
gebildet sein. Alternativ kann der Kleber zwischen dem Mess-  
20 rohr 2 und dem Element 12 bzw. zwischen dem Element 12 und  
dem Schenkel 8 angebracht werden.

In Durchflussrichtung erstreckt sich das Element 12 vorzugs-  
weise über die gesamte axiale Länge des ersten Schenkels 8,  
25 d. h. über die Länge zwischen den beiden zweiten Schenkeln 9.

Fig. 4 zeigt eine Ausführungsform, bei der das Element 12 als  
Clip ausgebildet ist. Es ist zu diesem Zweck U-förmig ausge-  
bildet mit dem Abschnitt 17 als Basis und zwei Armen 19, 20,  
30 wobei der dem Messrohr 2 benachbarte Arm 20 länger ist als  
der Arm 19 auf der gegenüberliegenden Seite des ersten  
Schenkels 8. Der Arm 19 hat ebenfalls praktisch keine magne-  
tische Funktion. Er dient lediglich dazu, das Element 12  
durch Klemmwirkung auf dem ersten Schenkel 8 der Sattelsspule  
35 4 festzuhalten. Hierzu ist das Element 12 vorgespannt, d. h.  
der Arm 19 schließt mit dem Abschnitt 17 einen Winkel  $\alpha$  ein,  
der etwas kleiner ist als der Winkel an der entsprechenden

Kante des ersten Schenkels 8. In gleicher Weise schließt der Arm 20 mit dem Abschnitt 17 einen Winkel  $\alpha'$  ein, der ebenfalls etwas kleiner ist, als dies durch die Geometrie des Schenkels 8 vorgegeben ist. Dadurch wird eine Eigenspannung 5 erzeugt, die das Element 12 sicher auf dem ersten Schenkel 8 hält.

- Das Element 12 wird also als Clip mit einer kleinen Kraft auf den ersten Schenkel 8 aufgeschoben. Man kann später den Raum 10 zwischen dem äußeren Rohr 16 und dem Messrohr 2 mit einer Gussmasse ausfüllen, so dass die Sattelpulen 4, die Elemente 12 und die Leitungen sowie das Anschlussgehäuse 10 und die Elektrode 6 mechanisch befestigt sind.
- 15 Das Element 12 muss nicht in mechanischem Kontakt mit der Sattelpule 4 stehen. Es genügt, wenn es zwischen der Sattelpule 4 und dem Messrohr 2 angebracht ist.

Selbstverständlich sind derartige Elemente 12 zwischen allen 20 vier ersten Schenkeln 8 der beiden Sattelpulen 4 und dem Messrohr 2 angeordnet.

Eine nicht näher dargestellte Variante besteht darin, dass das Element aus einem Streifen aus magnetisch leitendem Kleber oder Kunststoff gebildet ist. Hierzu wird beispielsweise 25 Magnetpulver oder Weicheisenpulver mit einem Klebstoff gemischt und dieser Klebstoff wird positionsgenau zwischen dem ersten Schenkel 8 und dem Messrohr 2 angebracht.

30 Vorzugsweise ist jedoch das Element 12 aus weichmagnetischem Eisen. Weichmagnetisches Eisen leitet ein Magnetfeld, wie dies an sich bekannt ist.

Fig. 5 zeigt eine weitere Ausgestaltung, bei der ein Element 35 12, das ansonsten im Wesentlichen dem der Fig. 4 entspricht, eine Ausnehmung 21 zwischen seinen in Durchflussrichtung 3 liegenden Enden 22, 23 aufweist. Dadurch entstehen magnetisch

leitende Streifen 24, 25, die das Magnetfeld zu einem Verteilerstreifen 26 führen. Mit dieser Ausgestaltung wird ein Magnetfeld erzeugt, das etwas um den Punkt P gespreizt ist.

- 5 In nicht näher dargestellter Weise kann auch vorgesehen sein, dass die Oberfläche des Elements 12 gewellt ist oder das Element 12 selbst gewellt ist. Die Struktur könnte beispielsweise sinusförmig sein.
- 10 Fig. 6 zeigt schematisch die Auswirkungen des Elements 12. Eine Kurve 27 stellt einen relativen Fehler X über den Durchfluss F dar. Es ist zu erkennen, dass bei kleinen Durchflussraten der Messfehler stark ansteigt. Mit anderen Worten entsteht aufgrund eines zu geringen Magnetfelds im Bereich der
- 15 Elektroden 6 ein geringes Messsignal und ein erhöhtes Signal/Rausch-Verhältnis.

- Eine Kurve 28 stellt den Fehlerverlauf für ein Element 12 mit optimaler Länge L dar. Es ist zu erkennen, dass der Fehler
- 20 auch bei kleinen Durchflussraten relativ klein bleibt.

- Eine Kurve 29 stellt die Situation dar, bei der zwar ein Element 12 verwendet wird, die Länge L dieses Elements aber zu groß ist. Der Fehler bleibt zwar kleiner als ohne Element
- 25 12. Wenn die Länge L zu groß ist, ist das Messergebnis aber nicht optimal.

- In Fig. 7 sind die Auswirkungen des Elements 12 erkennbar. Die drei Teilfiguren zeigen die magnetischen Feldlinien, also
- 30 die Linien gleichen magnetischen Flusses, für unterschiedliche Ausgestaltungen. In Fig. 7a ist das magnetische Feld dargestellt, wenn kein Element 12 vorhanden ist. Es ist erkennbar, dass die Feldliniendichte auf der Innenseite des Messrohres 2 an der Unterkante der Fig. 7a nicht allzu groß
  - 35 ist, jedenfalls kleiner als im Innern des Messrohrs (bezogen auf die Darstellung der Fig. 7a: weiter nach rechts).

13

Fig. 7b zeigt ein entsprechendes Feldlinienbild mit einem Element 12. Es ist zu erkennen, dass die Feldliniendichte in dem Bereich auf der Innenseite des Messrohres 2 stark zugenommen hat.

5

Noch deutlicher wird die Situation, wenn ein Element 12 mit einem Abschnitt 17 verwendet wird. Die Feldliniendichte ist nun in dem Bereich an der Innenseite des Messrohres 2 unterhalb des ersten Schenkels 8 größer geworden. Dies ist in Fig.

10 7c dargestellt.

## Patentansprüche

1. Magnetisch induktiver Durchflussmesser mit einem Messrohr, einer Elektrodenanordnung mit Elektroden, die auf einander gegenüberliegenden Seiten des Messrohrs quer zu einer Durchflussrichtung durch das Messrohr angeordnet sind, und einer Spulenanordnung mit mindestens einer Sattelpule, deren Achse quer zur Durchflussrichtung und quer zur Elektrodenanordnung verläuft und die vier Schenkel aufweist, von denen zwei erste Schenkel parallel zur Durchflussrichtung und zwei zweite Schenkel in Umfangsrichtung des Messrohrs verlaufen, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen jedem ersten Schenkel (8) und dem Messrohr (2) jeweils ein magnetisch leitendes Element (12) angeordnet ist, das einen ersten Teil des magnetischen Flusses aufnimmt, wobei ein zweiter Teil des magnetischen Flusses aus einem von der Sattelpule (4) umgebenen Bereich am Element (12) vorbei tritt.
2. Durchflussmesser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Element (12) von einem Bereich am Innenrand (14) des ersten Schenkels (8) ausgeht und zwischen dem ersten Schenkel (8) und dem Messrohr (2) endet.
3. Durchflussmesser nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Element (12) einen abgewinkelten Abschnitt (17) aufweist, der von innen am ersten Schenkel (8) anliegt.
4. Durchflussmesser nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Abschnitt (17) am Schenkel (8) oder am Messrohr (2) befestigt sein kann.
5. Durchflussmesser nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Element (12) U-förmig mit zwei Armen (19, 20) ausgebildet und auf den ersten Schenkel (8) von innen aufgesteckt ist.

6. Durchflussmesser nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Arme (19, 20) aufeinander zu vorgespannt sind.
- 5 7. Durchflussmesser nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Arm (20) zwischen dem ersten Schenkel (8) und dem Messrohr (2) quer zur Durchflussrichtung (3) länger als der andere Arm (19) ist.
- 10 8. Durchflussmesser nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass sich das Element (12) über die Länge des ersten Schenkels (8) in Durchflussrichtung (3) erstreckt.
- 15 9. Durchflussmesser nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Element (12) in Durchflussrichtung (3) zwischen seinen Enden (22, 23) eine Ausnehmung (21) aufweist.
- 20 10. Durchflussmesser nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Element (12) eine wellenförmige Oberfläche aufweist..
- 25 11. Durchflussmesser nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Element (12) durch weichmagnetisches Eisen gebildet ist.
- 30 12. Durchflussmesser nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Element (12) durch einen magnetisch leitenden Kunststoff gebildet ist.
- 35 13. Durchflussmesser nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Element (12) zusammen mit dem Messrohr (2) vergossen ist.

16

14. Durchflussmesser nach einem der Ansprüche 1 bis 13,  
dadurch gekennzeichnet, dass das Element  
(12) eine Erstreckung quer zur Durchflussrichtung (3) hat,  
bei der ein Messfehler einen Minimalwert aufweist.

5

1/3

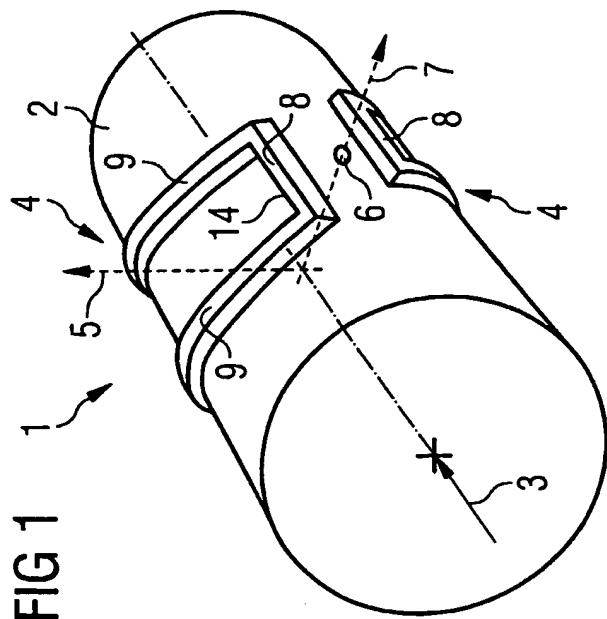
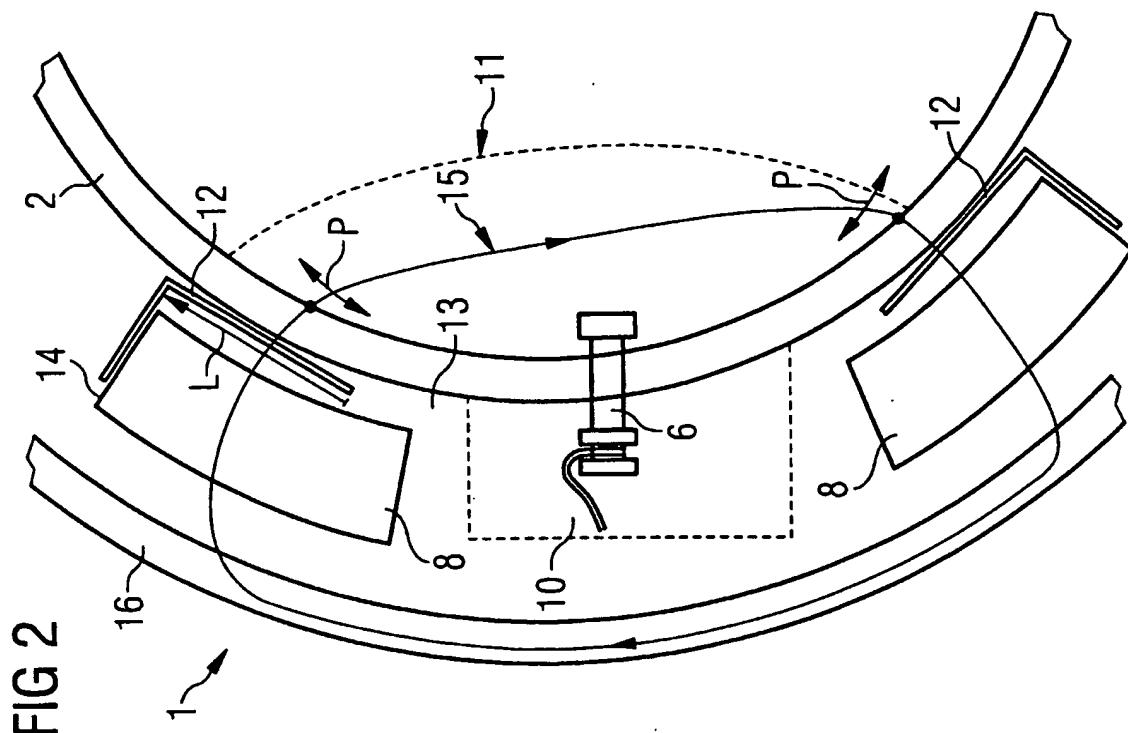


FIG 3

2/3

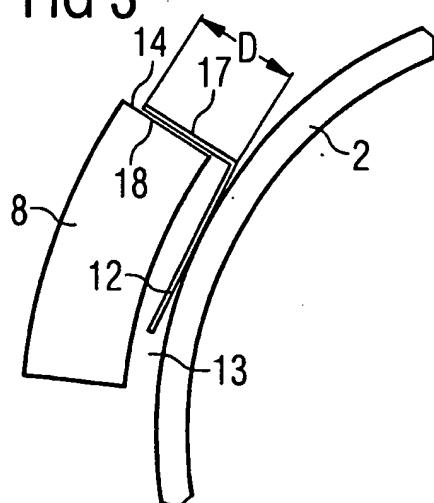


FIG 4

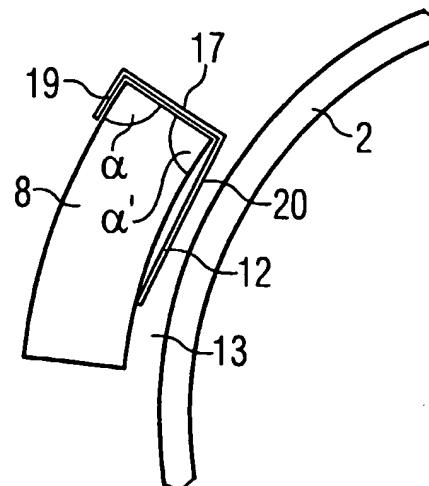


FIG 5

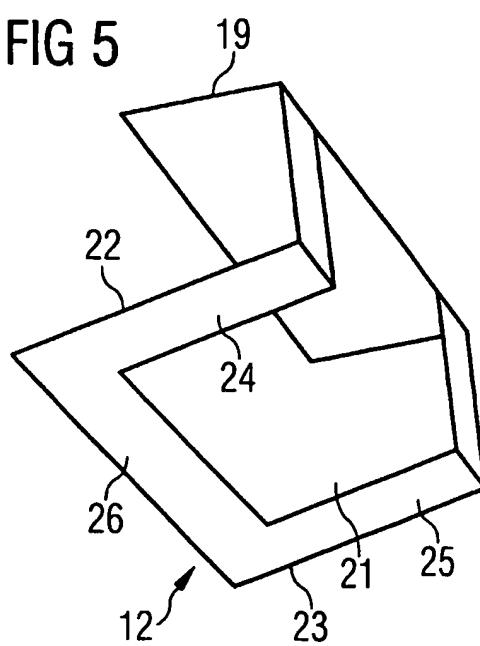


FIG 6

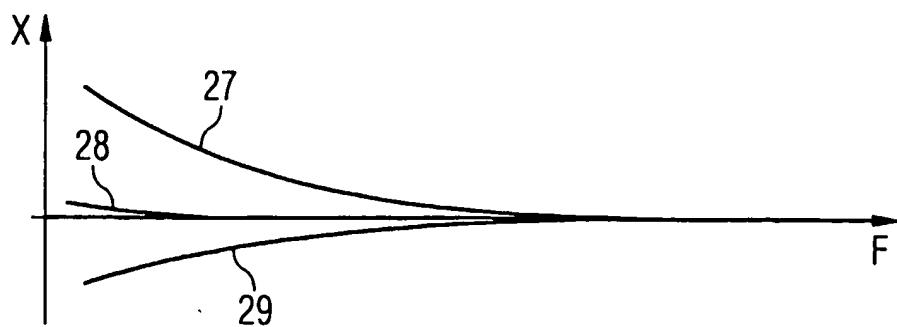


FIG 7A

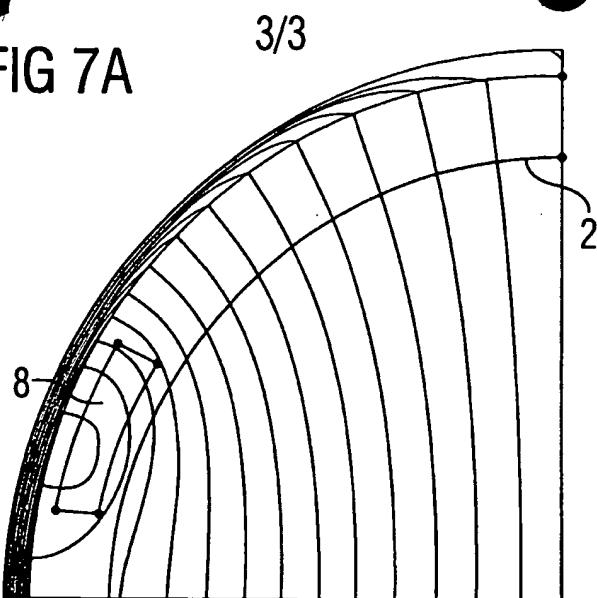


FIG 7B

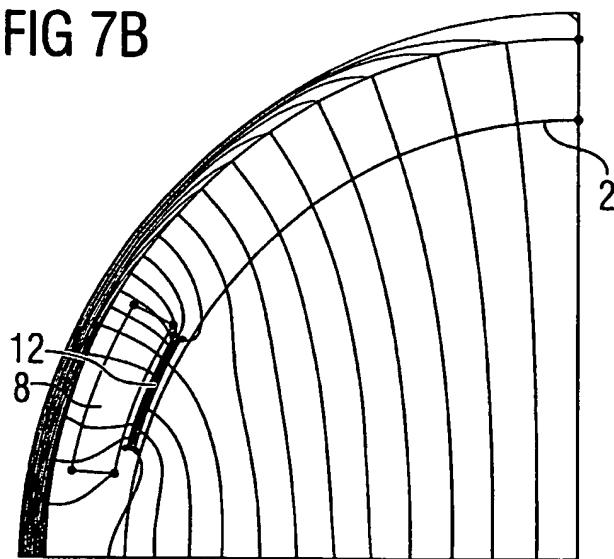


FIG 7C

